

# BAB 10

## Potensi Antioksidan Senyawa $\alpha$ -Pinena dari Minyak Atsiri

Nurkintan Aprilia<sup>1\*</sup>, Nanik Wijayati<sup>2</sup>, Edy Cahyono<sup>3</sup>, Alga Arine  
FristyaYuniar<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Magister Pendidikan Kimia, Pascasarjana Universitas Negeri Semarang

<sup>2,3</sup> PUI PUI Inovasi Teknologi Transformasi Diversifikasi Atsiri LPPM  
Universitas Negeri Semarang

<sup>2,3</sup> Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

\*email: nurkintanaprilia@students.unnes.ac.id

### Abstrak

Indonesia mempunyai kekayaan alam yang berlimpah dan berpotensi sebagai penghasil minyak atsiri. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya tanaman-tanaman, khususnya tanaman penghasil minyak atsiri. Senyawa  $\alpha$ -Pinena dan turunan monoterpena terkandung dalam minyak atsiri pada beberapa tanaman yang mempunyai sifat, antara lain sebagai antibakteri, antijamur, antikanker, dan antioksidan. Studi pustaka ini membahas tentang potensi antioksidan senyawa  $\alpha$ -pinena dan turunan monoterpen dari minyak atsiri pada beberapa tanaman Berdasarkan beberapa analisis pada masing-masing tumbuhan yang berbeda menunjukkan bahwa minyak atsiri beberapa tumbuhan yang diteliti adalah sumber yang kaya  $\alpha$ -pinena dan  $\beta$ -pinena yang keduanya memiliki aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan dari senyawa ini dievaluasi dengan uji 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Potensi antioksidan menggunakan penangkal radikal bebas DPPH juga dianalisis menggunakan dosis yang bervariasi dari  $\alpha$ -pinena.

Kata kunci: turunan monoterpen; antijamur; antibakteri; antikanker  
<https://doi.org/10.15294/.v0i0.30>

## 10.1 Pendahuluan

Minyak atsiri merupakan salah satu dari jenis minyak nabati yang memiliki banyak manfaat. Bahan baku minyak atsiri ini didapatkan dari berbagai bagian tanaman meliputi daun, bunga, buah, biji, kulit biji, batang, akar atau rimpang. Salah satu ciri utama dari minyak atsiri yaitu mudah menguap dan beraroma khas (Wibowo & Komarayati, 2015). Minyak atsiri adalah minyak atsiri nabati dengan komponen aromatik yang kuat yang terdiri dari senyawa kimia yang berbeda. Misalnya, alkohol, hidrokarbon, fenol, aldehida, ester, dan keton adalah beberapa komponen utama minyak atsiri. Minyak dari ratusan spesies tanaman tersedia secara komersial (Younis *et al.*, 2008).

Minyak atsiri adalah cairan hidrofobik pekat yang mengandung senyawa aroma yang mudah menguap dari tanaman. Mereka juga dikenal sebagai minyak aromatik, minyak wangi, minyak atsiri uap, minyak ethereal, atau hanya sebagai "minyak" bahan tanaman dari mana mereka diekstraksi, seperti minyak cengkeh. Minyak atsiri digunakan dalam wewangian, aromaterapi, kosmetik, dupa, obat-obatan, produk pembersih rumah tangga dan untuk penyedap makanan dan minuman (Rassem *et al.*, 2016).

Keuntungan dari minyak atsiri adalah konsentrasi rasa dan kesamaannya dengan sumber yang sesuai. Sebagian besar cukup stabil dan mengandung antioksidan alami dan antimikroba alami seperti pada buah jeruk (Somesh *et al.*, 2015). Selain minyak atsiri dari jeruk, minyak atsiri dari pohon kamfer juga mengandung antioksidan tinggi. Kandungan antioksidan tinggi terdapat pada pucuk daun muda pohon kamfer yang dikeringkan. Minyak atsiri pohon kamfer memiliki antioksidan yang tinggi dikarenakan mengandung senyawa  $\alpha$ -pinena dan turunan monoterpen yang berpotensi sebagai antioksidan (Aswandi & Kholibrina, 2020). Selain pohon kamfer, masih sangat banyak minyak atsiri pada tumbuhan lainnya yang mengandung senyawa  $\alpha$ -pinena dan turunan monoterpen, dimana kedua senyawa tersebut berpotensi sebagai antioksidan. Oleh karena itu buku ini membahas tentang potensi minyak atsiri dari beberapa tanaman yang mengandung  $\alpha$ -pinena dan turunan monoterpen sebagai antioksidan.

## 10.2 Minyak Atsiri

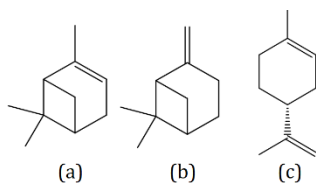
Minyak atsiri digunakan dalam wewangian, aromaterapi, kosmetik, dupa, obat-obatan, produk pembersih rumah tangga dan untuk membumbui makanan dan minuman. Minyak atsiri adalah komoditas berharga dalam industri wewangian dan makanan. Lebih dari 250 jenis minyak esensial. Sejumlah negara memproduksi berbagai jenis minyak esensial. Minyak atsiri adalah cairan aromatik berminyak yang diekstrak dari bahan tanaman aromatic. Minyak atsiri biasanya tidak berwarna, terutama saat segar. Namun seiring bertambahnya usia minyak atsiri dapat teroksidasi yang mengakibatkan warnanya menjadi lebih gelap. Oleh karena itu, minyak atsiri perlu disimpan di tempat yang sejuk dan kering dengan tutup rapat dan sebaiknya diisi dengan wadah kaca amber (Rassem *et al.*, 2016).

Minyak atsiri juga dikenal dengan nama minyak mudah menguap atau minyak terbang. Pengertian atau definisi minyak atsiri merupakan senyawa yang umumnya berwujud cairan, yang diperoleh dari bagian tanaman, akar, kulit, batang, daun, buah, biji maupun bunga dengan cara penyulingan dengan uap (Fajar *et al.*, 2019). Minyak atsiri adalah salah satu metabolit sekunder dari tanaman yang berbentuk minyak dengan karakteristik yaitu mudah menguap (*volatile*). Kandungan utama dari minyak atsiri yang dimiliki hampir seluruh tanaman adalah terpen, aseton, fenol, aldehid, alkohol, ester, asam (Wong *et al.*, 2014).

Teknologi produksi adalah faktor yang efektif untuk meningkatkan hasil keseluruhan dari kualitas minyak atsiri. Distilasi air, distilasi air dan uap, distilasi uap, kohobasi, maserasi dan enfleurage adalah metode yang paling tradisional dan yang umum digunakan. Metode yang ekonomis dan paling populer untuk mengekstrak dan mengisolasi fraksi berharga tersebut adalah dengan distilasi uap (Kamaliroosta *et al.*, 2012). Dengan kemajuan teknologi, telah banyak teknik baru yang dikembangkan dimana teknik tersebut belum berkembang secara luas untuk produksi komersial minyak esensial.

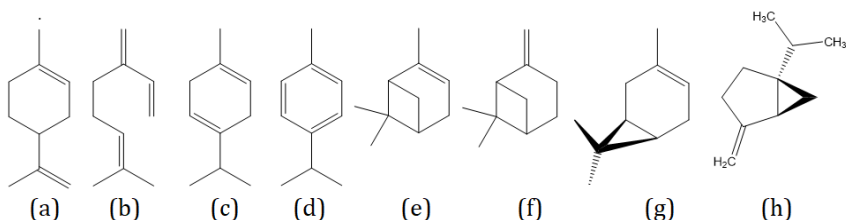
### 10.3 Terpena dan Monoterpen

Terpena lebih banyak diperoleh dari industri residu daripada terpena yang ditanam atau disintesis *AD hoc*. Misalnya, limbah pertanian yang berasal dari pengolahan buah jeruk, bubur kertas, atau getah damar pohon pinus adalah sumber yang baik untuk terpena, seperti limonena,  $\alpha$ - dan  $\beta$ -pinena (Rubulotta & Quadrelli, 2019) yang diekstraksi dari limbah pertanian ditunjukkan pada **Gambar 10.1**.



**Gambar 10.1.** Struktur dari (a)  $\alpha$ -pinena, (b)  $\beta$ -pinena, (c) limonena

Terpena diklasifikasikan berdasarkan jumlah unit isoprena ( $\text{H}_2\text{C}[\text{C}(\text{Me})\text{CH}]\text{CH}_2$ ). Strukturnya berupa hemiterpena ( $\text{C}_5\text{H}_8$ ), monoterpena ( $\text{C}_5\text{H}_8$ )<sub>2</sub>, seskuiterpena ( $\text{C}_5\text{H}_8$ )<sub>3</sub>, diterpena ( $\text{C}_5\text{H}_8$ )<sub>4</sub>, sesterterpena ( $\text{C}_5\text{H}_8$ )<sub>5</sub>, triterpena ( $\text{C}_5\text{H}_8$ )<sub>6</sub>, dll. (**Gambar 10.2**) (Kesselmeier & Staudt, 1999; Kang & Lee, 2016). Klasifikasi ini berdasarkan aturan C5 yang diketahui, diturunkan dari rute sintesis biogenik berbasis isoprena, yang memungkinkan berbagai tanaman tingkat tinggi dan beberapa serangga untuk menghasilkan terpena yang mengandung berbagai jumlah unit C5 dalam kerangka mereka (Kesselmeier dan Staudt, 1999). Istilah terpenoid yang lebih luas, yang diterapkan pada molekul terkait terpena yang tidak sepenuhnya mematuhi aturan C5, berguna untuk beberapa sifat alami mereka dan turunan sintetik, yaitu yang mengandung oksigen yang (Schwab *et al.*, 2012).

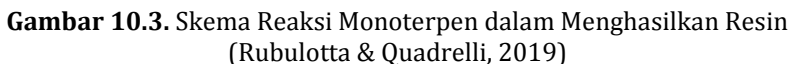


**Gambar 10.2.** Struktur dari (a) Limonena, (b) Myrcena, (c)  $\gamma$ -Terpinena (d) *p*-Cymena, (e)  $\alpha$ -Pinena, (f)  $\beta$ -Pinena, (g)  $\delta$ -3-Carena, (h) Sabinena

Senyawa monoterpen termasuk dalam kelompok besar dan beragam yang terjadi secara alami. Struktur dasar monoterpen, atau monoterpenoid, terdiri dari dua isoprena yang terhubung unit, beberapa senyawa representatif dalam bentuk asiklik, monosiklik, dan bisiklik. Berikut untuk kelompok asiklik adalah geraniol, hirsena, linalool, sitronelol dan, nerol. Kelompok monosiklik adalah tihol, mentol, limonene, eugenol, dan  $\gamma$ -terpinena. Selanjutnya kelompok bisiklik adalah  $\alpha$ -pinena, mirtenal, kamfer, borneol, dan cis-verbenol. Senyawa ini mengalami siklisasi dan oksidasi dalam berbagai cara. Apabila berat molekul rendah, maka senyawa berbentuk minyak esensial. Jumlah monoterpen memiliki sifat antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, antipruritus, hipotensi, dan sifat farmakologis analgesik (Zielinska-Blajet & Feder-Kubis, 2020).

Resin lengket melindungi luka di kulit kayu, monoterpen digunakan secara industri untuk mensintesis senyawa tackifier yang mampu meningkatkan kapasitas perekat untuk menempel pada suatu permukaan. Monoterpen digunakan untuk menghasilkan tiga jenis resin berbasis terpene (terstirena, fenol-terpena, dan politerpena), digunakan secara industri sebagai perekat (Rubulotta & Quadrelli, 2019).

Komposisi perekat terdiri dari polimer, perekat, minyak atau lilin, serta sejumlah kecil antioksidan atau bahan tambahan lainnya. Reaksi polimerisasi dari terpen dapat melibatkan polimerisasi dengan (1) terpen lebih lanjut untuk menghasilkan politerpen; (2) fenol untuk menghasilkan produk terpena/fenol sangat serbaguna karena luas kompatibilitas polimer; (3) stirena untuk menghasilkan resin terpen *styrenated*. Limonena,  $\alpha$ -pinena,  $\beta$ -pinena, dan mirsena, di antara terpena lainnya, telah secara ekstensif dipelajari sebagai bahan awal untuk sintesis polimer tersebut. Arizona Chemical, misalnya, menggunakan limonena halus sebagai blok bangunan di beberapa terpena resin, berikut skema reaksinya dapat ditunjukkan pada **Gambar 10.3**. (Rubulotta & Quadrelli, 2019).

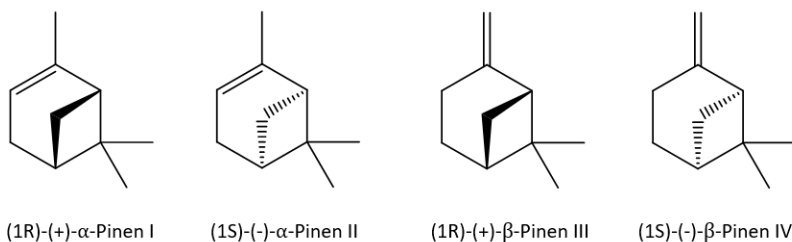


## 10.4 Senyawa $\alpha$ -Pinena

Pinena adalah monoterpen bisiklik yang dihasilkan dari penambahan Markovnikov intramolekul ke ikatan rangkap sikloheksenil dari kation  $\alpha$ -terpenil, menghasilkan sistem bisiklik dengan pusat kationik pada posisi tersier. Deprotonasi selanjutnya dari kation penil ini, baik dari kelompok metilen atau metil yang berdekatan, menghasilkan  $\alpha$ -pinena dan  $\beta$ -pinena masing-masing. Kedua senyawa ini, yang merupakan bagian terbesar dari sebagian besar terpenin, mungkin termasuk monoterpen yang paling banyak melimpah di alam. Kedua enansiomer  $\alpha$ -pinena terjadi secara alami

(dengan (+)-(1R,5R)- $\alpha$ -pinena biasanya mendominasi), sedangkan  $\beta$ -pinena hampir selalu terjadi sebagai optis murni (-)-(1S,5S)-enansiomer. Pengamatan ini mengarah pada pengenalan awal bahwa setidaknya rute dua enzim ke pinena harus ada bukti eksperimental, diperoleh dengan menggunakan pemurnian sebagian enzim dan baru-baru ini, kloning, protein yang diekspresikan secara heterolog, telah membuktikannya prediksi. Monoterpen pinena teroksigenasi, seperti verbenol, dibentuk oleh transformasi sekunder  $\alpha$ -pinena atau  $\beta$ -pinena (Wise & Croteau, 1999).

Pinena ( $C_{10}H_{16}$ ) adalah hidrokarbon terpenoid bisiklik, ikatan rangkap, mewakili keluarga monoterpen.  $\alpha$ -pinena dan  $\beta$ -pinena adalah dua isomer struktural yang ditemukan di alam, misalnya, di pinus (pohon jenis konifera) minyak esensial. Kedua isomer memiliki dua enansiomer (+) dan (-) seperti yang terlihat pada **Gambar 10.4** dan menunjukkan beragam aktivitas farmakologis, misalnya, antimikroba, antivirus, antispasmodik, antijamur, antivirus, antikanker, antimalaria, antioksidan, dan efek anti-inflamasi (Nikitina *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2012; Felipe *et al.*, 2019; Salehi *et al.*, 2019).



**Gambar 10.4.** Rumus struktural enansiomer  $\alpha$ -Pinena dan  $\beta$ -Pinena (Salehi *et al.*, 2019)

Beberapa tumbuhan yang mengandung atau menghasilkan  $\alpha$ -pinena,  $\beta$ -pinena, atau keduanya adalah: *Ocimum menthaefolium*, *Pinus* spp., *Juniperus communis*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula stoechas*, *Coriandrum sativum*, *Cuminum cyminum*, *Juniperus oxycedrus*, *Myristica fragrans*, *Cinnamomum verum*, *Melaleuca alternifolia*, *Achillea millefolium*, *Ligusticum levisticum*, *Pistacia lentiscus*, *Grindelia camporum*, *Piper nigrum*, *Pilocarpus microphyllus*, *Agastache rugosa*, *Artemisia capillaris*, *Eugenia aromatic*, *Piper guineense*, *Solanum erianthum*, Jeruk limon, Jeruk bergamia, *Ferula kuhistanica*, dan *Ferula clematidifolia* (Sharifi-Rad *et al.*, 2017; Khalifaev *et al.*, 2017; Sharopov *et al.*, 2016).

## 10.5 Antioksidan

Stres oksidatif dan efek buruknya pada kesehatan manusia telah menjadi masalah serius. Dalam kondisi stres, ada peningkatan produksi spesies reaktif yaitu, hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), ion superoksida ( $O_2^-$ ), dan radikal hidroksida ( $OH^\bullet$ ) selama respirasi seluler daripada antioksidan enzimatis (misalnya, superoksida dismutase (SOD), glutathione peroksidase (GPx), dan katalase) dan antioksidan non-enzimatis (misalnya, asam askorbat (vitamin C),  $\alpha$ -tokoferol (vitamin E), glutathione, karotenoid, dan flavonoid) (Sharma *et al.*, 2019). Ketidakseimbangan antara produksi spesies oksigen reaktif dan pertahanan antioksidan ini dapat menyebabkan kerusakan pada biomolekul seluler seperti karbohidrat, protein, lipid dan DNA, yang dapat menyebabkan perubahan metabolik dan genetik (Halliwell & Gutteridge, 1984).

Tanaman obat efektif dalam mengobati berbagai penyakit yang disebabkan oleh stres oksidatif. Sifat obat tanaman adalah karena metabolit biologis aktif seperti senyawa fenolik dan flavonoid, yang merupakan antioksidan potensial. Korelasi positif antara fitokimia dalam ekstrak tanaman dan aktivitas antioksidan telah dilaporkan oleh banyak peneliti (Cai *et al.*, 2004; Pietta, 2000; Duh, 1999).

Potensi antioksidan menggunakan penangkal radikal bebas DPPH juga dianalisis menggunakan dosis yang bervariasi dari  $\alpha$ -pinena (25, 50, 100, 200, 300, dan 400  $\mu g/mL$ ), dan aktivitas reduksi besi (FRAP) diselidiki. Atribut oksidan dan antioksidan diukur menggunakan lobus temporal otak yang dibedah. Hasil menunjukkan bahwa minyak atsiri menunjukkan tindakan terhadap kejang yang dirangsang PTZ, karena mampu mengurangi kejang tikus secara nyata (Salehi *et al.*, 2019). Antioksidan dan pelindung efek  $\alpha$ -pinena dinilai untuk stres oksidatif tersensitisasi  $H_2O_2$  dalam sel PC12. Viabilitas sel dilepaskan, dan morfologi sel diubah setelah pra-perawatan dengan  $\alpha$ -pinena. Intraseluler Produksi ROS dicegah oleh  $\alpha$ -pinena; Namun, itu meningkatkan katalase, superoksida dismutase, glutathione peroksidase, glutathione reduktase, dan hemeoxygenase 1, ekspresi.  $\alpha$ -pinena juga dimainkan peran penting dalam mengurangi apoptosis; demikian, disimpulkan bahwa monoterpena ini memiliki kemampuan untuk mempertahankan sistem saraf (Porres-Martinez *et al.*, 2016). Proteksi kelebihan produksi ROS dan keseimbangan redoks seluler

dapat dipromosikan oleh menggunakan beberapa antioksidan alami dan minyak atsiri. Jika dilihat dari aktivitas antioksidan, penulis menyatakan bahwa terpen memiliki aktivitas antioksidan yang lebih besar daripada senyawa lain, seperti askorbat asam (van Zyl *et al.*, 2006).

### 10.6. Mekanisme Kerja Antioksidan

Suatu senyawa yang mereduksi radikal *in vitro* tidak serta merta berperilaku sebagai antioksidan dalam sistem *in vivo*. Hal ini karena radikal bebas mudah berdifusi dan menyebar. Beberapa memiliki rentang hidup yang sangat pendek, pada urutan nanodetik, sehingga sulit bagi antioksidan untuk hadir pada waktu dan tempat di mana kerusakan oksidatif sedang dihasilkan. Selain itu, reaksi antara antioksidan dan radikal bebas adalah reaksi orde kedua. Oleh karena itu, mereka tidak hanya bergantung pada konsentrasi antioksidan dan radikal bebas tetapi juga tergantung pada faktor-faktor yang berkaitan dengan struktur kimia dari kedua reagen, media dan kondisi reaksi (Santos-Sanchez *et al.*, 2019).

Ketertarikan pada minyak atsiri sebagai sumber antioksidan alami dikaitkan dengan keragaman komposisi terpen dan senyawa volatil lainnya. Auto-oksidasi adalah proses kompleks yang biasanya melibatkan banyak mekanisme. Dengan demikian, berbagai metode antioksidan yang mencakup keduanya tidak langsung (misalnya, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) dan total fenolik konten (TPC)) (Nouri *et al.*, 2014) dan pendekatan langsung (oksidasi) telah dikembangkan. Beberapa tes yang berbeda direkomendasikan untuk mengukur aktivitas antioksidan minyak esensial (Olmedo *et al.*, 2015). Zat fenolik mengerahkan aktivitas antioksidan kuat karena beberapa kelompok hidroksilnya. Secara umum, kandungan fenolik yang lebih tinggi berkorelasi dengan antioksidan yang lebih tinggi aktivitas; namun, beberapa penelitian melaporkan tidak ada hubungan seperti itu (Ismail *et al.*, 2004).

Fenolik dan metabolit sekunder lainnya berikatan dengan ikatan rangkap, yang bertanggung jawab atas aktivitas antioksidan substansial dari minyak atsiri. Minyak atsiri yang diekstrak dari tanaman tradisional seperti *Achillea filipendulina*, *Galagania harumissima*, *Anethum graveolens*, *A. rutifolia*, *Hyssopus seravschanicus*, *Mentha longifolia*, dan *Ziziphora*

*linopodioides* adalah sumber kaya monoterpen teroksigenasi seperti aldehida, keton, dan ester. Selain itu, hidrokarbon monoterpen (*A. absinthium* dan *A. scoparia*) dan terpenoid fenolik, seperti timol atau carvacrol (*O. tyttanthum* dan *Mentha longifolia*) adalah senyawa kimia utama yang menghasilkan aktivitas antioksidan terkuat (Bhavaniramy *et al.*, 2019).

Senyawa fenolik merupakan kelompok zat kimia yang luas, dengan struktur kimia yang beragam dan aktivitas biologis yang berbeda dan merupakan bagian penting dari makanan manusia dan hewan. Senyawa fenolik merupakan komponen penting dalam mekanisme pensinyalan dan pertahanan tanaman. Senyawa ini memerangi stres yang disebabkan oleh organisme patogen dan predator. Senyawa fenolik memiliki kapasitas untuk bertindak sebagai donor hidrogen atau untuk mengkelat ion logam seperti besi dan tembaga, dengan menghambat oksidasi lipoprotein densitas rendah (LDL). Senyawa fenolik menghambat oksidasi LDL in vitro (Santos-Sanchez *et al.*, 2019).

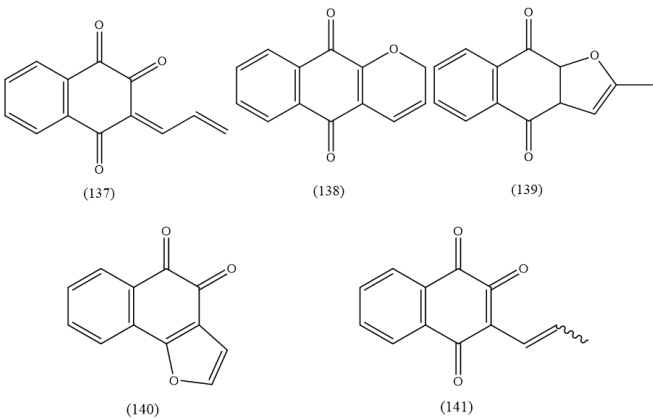
Senyawa fenolik mengurangi atau menghambat radikal bebas dengan mentransfer atom hidrogen, dari gugus hidroksilnya. Mekanisme reaksi senyawa fenolik dengan radikal peroksil ( $\text{ROO}\cdot$ ) melibatkan transfer kation hidrogen dari fenol ke radikal, membentuk keadaan transisi ikatan H-O dengan satu elektron. Kapasitas antioksidan senyawa fenolik sangat berkurang ketika media reaksi terdiri dari pelarut yang rentan terhadap pembentukan ikatan hidrogen dengan senyawa fenolik. Misalnya, alkohol memiliki efek ganda pada laju reaksi antara fenol dan radikal peroksil. Di satu sisi, alkohol bertindak sebagai akseptor ikatan hidrogen. Di sisi lain, mereka mendukung ionisasi fenol menjadi anion fenoksida, yang dapat bereaksi cepat dengan radikal peroksil, melalui transfer elektron. Efek keseluruhan pelarut pada aktivitas antioksidan senyawa fenolik sangat bergantung pada derajat ionisasi senyawa terakhir (Foti, 2007). Leopoldini *et al.* (2004) melakukan studi teoritis untuk menentukan energi disosiasi ikatan OH dan potensi ionisasi adiabatik senyawa fenolik dengan struktur dan polaritas yang bervariasi, di antaranya tirosol, hidroksitirosol, dan asam galat dan kafeik. Studi-studi ini dilakukan dengan mensimulasikan kondisi terlarut dan vakum. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang jelas dalam perilaku senyawa fenolik tersebut. Senyawa yang paling

mungkin mengalami HAT adalah tokoferol, diikuti oleh hidroksitirosol, asam galat, asam caffeic, dan epikatekin, sedangkan senyawa fenolik yang lebih mampu SET adalah kaempferol dan resveratrol. Ini memberikan indikasi bahwa senyawa fenolik dapat mengalami HAT dan SET yang tergantung pada struktur kimia senyawa fenolik.

10.7 Potensi Minyak sebagai Antioksidan

10.7.1. *Psychotria* Species

Banyak penelitian telah mengevaluasi sifat biologis ekstrak, fraksi, dan senyawa terisolasi dari spesies *Psychotria*. Tumbuhan ini telah terbukti memiliki sebagian besar aktivitas sitotoksik, analgesik, antioksidan, dan antimikroba (De Carvalho *et al.*, 2016). **Gambar 10.5** menyajikan stuktur senyawa 137–141 dari hasil isolasi spesies *Psychotria* yang menunjukkan aktivitas antioksidan.



**Gambar 10.5.** Stuktur Senyawa (137–141) Hasil Isolasi Spesies *Psychotria* (De Carvalho *et al.*, 2016)

Fragoso *et al.* (2008) mengevaluasi potensi antioksidan dan antimutagenik dari psikolatin dan ekstrak daun kasar *P. umbellata*. Sifat antioksidan dinilai pada strain *Saccharomyces cerevisiae* yang kekurangan superoksida dismutase dan/atau katalase (terpapar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan *paraquat*) dan oleh uji hiposantin/*xanthine oxidase*. Psikolatin lebih efisien dalam perlindungan regangan yang diperlakukan dengan *paraquat*, sedangkan ekstrak daun kasar menunjukkan hasil yang

lebih baik untuk regangan yang diperlakukan dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Dalam hipoksantin/uji *xanthine oxidase* baik psikolatin dan ekstrak kasar menunjukkan aktivitas antioksidan tergantung dosis yang ditandai, tetapi ekstrak kasarnya lebih aktif (mungkin karena adanya flavonoid) daripada senyawa yang diisolasi. Baik ekstrak kasar dan psikolatin menunjukkan antimutagenic efek pada strain *S. cerevisiae* (mutagenesis diinduksi oleh H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). *Brachycerine*, diisolasi dari *P. brachyceras*, adalah contoh lain dari MIA yang memiliki aktivitas antioksidan dan antimutagenik (Do-Nascimento *et al.*, 2007). Psikolatin merupakan alkaloid indole monoterpen yang diisolasi dari Spesies Psikotria (Kerber *et al.*, 2008; Kerber *et al.*, 2014).

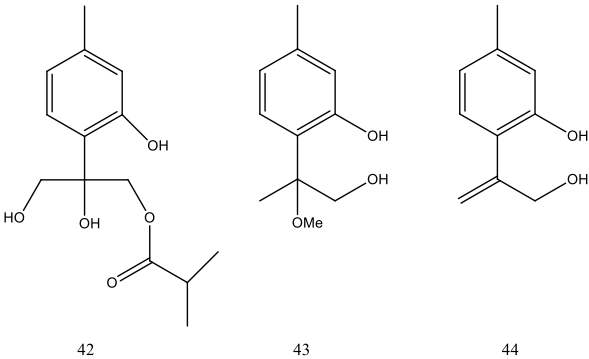
Aktivitas antioksidan *in vitro* dari buah-buahan, batang, dan ekstrak daun *P. nilgiriensis* diselidiki dengan uji DPPH, ABTS<sup>+</sup>, dan FRAP. Kandungan aseton ekstrak buah-buahan, memiliki total fenolat tertinggi (505,74 µg GAE/g ekstrak), tanin (460,78 µg GAE/g ekstrak), dan flavonoid (67,78 µg RE/g ekstrak). Selain itu, ekstrak ini memberikan nilai yang lebih tinggi untuk DPPH (IC<sub>50</sub>=20.0 µg/mL), ABTS (41.343,51 µmol TE/g ekstrak), dan uji FRAP (4.713,33 µmol Fe (II)/mg ekstrak) (Iniyavan *et al.*, 2012).

### 10.7.2. Spesies Timus

Timol (2-isopropil-5-metilfenol) adalah monoterpenoid fenolik alami yang diekstraksi terutama dari spesies Timus (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague) dan sumber tanaman lain seperti *Baccharis Grisebachii* Hieron. dan *Centipeda minima* (L.) A. Br. & Asch. dan banyak digunakan dalam farmasi dan aplikasi pengawet makanan (Zielinska-Blajet & Feder-Kubis, 2020). Itu juga diperoleh dengan berbagai metode pada skala industri dari m-cresol, atau p-cymene dan piperitone (Grabowska *et al.*, 2001; Amandi *et al.*, 2005). Timol, komponen minyak esensial alami, menunjukkan beberapa aktivitas biologis (Marchese *et al.*, 2016; Dheer *et al.*, 2019). Salah satunya aktivitas antioksidan (Kumar & Rawat, 2013; Deng *et al.*, 2016). Nagle *et al.* (2012) mensintesis turunan timol yang mengandung gugus piridin dan menilai sifat antioksidan. Semua turunan menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih baik dari senyawa induknya.

Aktivitas antioksidan timol dikaitkan dengan struktur fenolik dan sifat redoksnya, yang memainkan peran penting dalam menyerap dan menetralkan radikal bebas atau peroksida pengurai. Berbagai

turunan timol dieksplorasi untuk aktivitas pemulungan radikal-struktur. Dengan membandingkan sifat struktural turunan timol, aktivitas antioksidannya dijelaskan oleh formasi dari ikatan hidrogen intramolekul. Tiga turunan timol, 8,10-dihidroksi-9-isobutiriloksitimol 42, 8-metoksi-9-hidroksitimol 43, dan 8,9-dehidro-10-hidroksitimol 44, diisolasi dari Ekstrak Zataria multiflora. Aktivitas antioksidan dari senyawa ini dievaluasi dengan uji 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Senyawa 8,9-dehidro-10-hidroksitimol memiliki potensi antioksidan yang lebih tinggi dengan nilai  $IC_{50}$  sebesar 62,5  $\mu$ M dan BDE = 79,2 kkal/mol. Hasil ini menunjukkan bahwa adanya senyawa tak jenuh ikatan rangkap adalah faktor utama yang menentukan aktivitas antioksidan dari senyawa yang diselidiki (**Gambar 10.6**) (Javan & Javan, 2014).



**Gambar 10.6.** Turunan Timol dengan Aktivitas Antioksidan (Javan & Javan, 2014)

### 10.7.3. Mirtenal

Mirtenal adalah monoterpena yang ada di banyak tanaman obat seperti jinten, merica, mint, dan kayu putih. Monoterpena terdiri dari dua unit isoprena. Antioksidan, antikanker, antidiabetes, dan bertindak sebagai penghambat siklooksigenase dan imunostimulan (Lin *et al.*, 2017).

Minyak atsiri yang diperoleh dari biji jintan ringan berwarna kuning kecoklatan, dengan sedikit pahit, pedas, dan bau yang agak tidak menyenangkan yang berasal dari jintan aldehida (Chaudhry *et al.*, 2012), yaitu senyawa utama dalam minyak (Chen *et al.*, 2011). Minyak atsiri jinten memiliki berbagai aplikasi, salah satunya sebagai antioksidan (Moghaddam *et al.*, 2015). Kandungan minyak atsiri

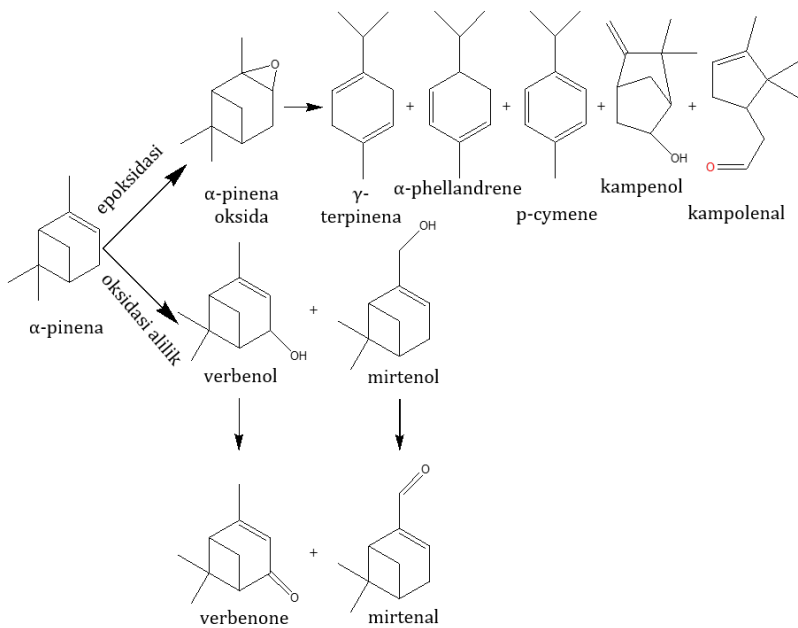
dalam biji jinten berkisar antara: 1,8 hingga 5,1% (Moraghebi, 2013). Menurut metode DPPH, potensi antioksidan jinten paska distilasi limbah benih buruk dan berkisar antara 0,02 dan 0,04 mM TE/g (Acimovic *et al.*, 2016).

Dalam percobaan Dragomanova *et al.* (2019), diketahui bahwa banyak zat alami yang mempengaruhi proses peradangan. Hal ini sering dikaitkan dengan aktivitas antioksidannya. Mirtenal menunjukkan signifikan sifat antioksidan, dengan mengkonfirmasi bukti yang tersedia yaitu potensi antioksidan Mirtenal yang disajikan pada **Gambar 10.7**. Data kami tentang status oksidatif di otak hewan pengerat menunjukkan penurunan tingkat peroksidasi lipida, disertai dengan peningkatan tGSH pada kelompok perlakuan mirtenal dibandingkan dengan kontrol. Pada data sebelumnya, mirtenal juga memiliki efek positif pada stres oksidatif yang diinduksi skopolamin pada demensia eksperimental model tikus. Penurunan peroksidasi lipid hipokampus bersamaan dengan peningkatan kadar tGSH di korteks dan hipokampus. Kami berasumsi bahwa sifat antioksidan Mirtenal adalah terhubung ke pengaruh positif mapan dari Mirtenal pada proses peradangan dan mungkin sebagian untuk analgesik yang diamati aktivitasnya (Lokeshkumar *et al.*, 2016).

#### **10.7.4. *Pinus wallichiana***

Komposisi kimia minyak atsiri dianalisis dengan GC-MS dan hasilnya menunjukkan bahwa minyak tersebut mengandung tiga senyawa monoterpena utama yaitu.  $\alpha$ -pinena (48,6%),  $\beta$ -pinena (45,6%) dan limonena (5,6%). Potensi antioksidan *Pinus wallichiana* dianalisis dengan tiga metode dasar; Metode scavenging radikal DPPH, uji FRAP dan aktivitas pengkelat ion  $\text{Fe}^{2+}$ . Di antara ekstrak daun dan kulit kayu, penangkal radikal terbaik, aktivitas ditentukan oleh ekstrak air (nilai  $\text{IC}_{50}$   $20,83 \pm 0,8$   $\mu\text{g/mL}$ ) kulit kayu diikuti dengan ekstrak metanolnya (nilai  $\text{IC}_{50}$   $25,9 \pm 1,6$   $\mu\text{g/mL}$ ). Ekstrak air kulit kayu juga menunjukkan aktivitas pereduksi dan pengkelat yang lebih baik daripada ekstrak daun. Minyak atsiri menunjukkan aktivitas *scavenging* dan *chelating* radikal sedang, tetapi aktivitas reduksinya dapat diabaikan. Analisis fitokimia ekstrak menentukan bahwa ekstrak air dan metanol dari kulit kayu mengandung jumlah polifenol dan flavonoid yang kaya, dibandingkan dengan ekstrak daun. Korelasi yang signifikan antara aktivitas antioksidan dan fitokonstituen

ekstrak ini telah diamati. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa kulit kayu *Pinus wallichiana* merupakan sumber potensial dari konstituen antioksidan aktif yang dapat dieksplorasi lebih lanjut dan dieksploitasi untuk berbagai aplikasi komersial (Sharma *et al.*, 2019). **Tabel 10.2** menyajikan total fenol, flavonoid dan potensi antioksidan ekstrak *Pinus wallichiana*.



**Gambar 10.7.** Mekanisme α-Pinena dalam Oksidasi Katalitik Menunjukkan Dua Baris Kompetitif sebagai Oksidasi Alilik dianggap sebagai Rute Utama dari Proses (Dragomanova *et al.*, 2019)

**Tabel 10.2.** Total Fenol, Flavonoid dan Potensi Antioksidan Ekstrak *Pinus wallichiana* (Sharma *et al.*, 2019).

| Ekstrak         | TPC<br>(mg GAE/<br>g berat<br>kering) | TFC<br>(mg QE/<br>g berat<br>kering) | Uji DPPH<br>(IC50<br>dalam<br>g/mL) | Uji FRAP<br>(μmol FeII<br>/g) | % Kapasitas<br>usia Kelasi<br>pada 500μg |
|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| (Daun-daun)     |                                       |                                      |                                     |                               |                                          |
| Metanol Encer   | 30.8±1,1                              | -                                    | 260,4±3,2                           | 111,6±3,2                     | 57±1,2                                   |
| Khloroform      | 40±1,1                                | 10±0,5                               | 285,3±4,1                           | 86,6±1,3                      | 19±0,6                                   |
| Minyak esensial | 10±0,4                                | -                                    | 514,4±5,8                           | 26,6±2,1                      | 34±0,4                                   |
| (Kulit pohon)   |                                       |                                      |                                     |                               |                                          |
| Metanol Encer   | 330±6,4                               | 520±12,7                             | 25,9±1,6                            | 2530±6,3                      | 59±1,8                                   |
| Khloroform      | 447±9,6                               | 610±11,2                             | 20,83±0,8                           | 3495±11,3                     | 44±1,4                                   |

### 10.7.5. Lada Hitam (*Piper nigrum*)

Tumbuhan menghasilkan berbagai molekul bioaktif sehingga menjadi sumber yang kaya untuk dikembangkan sebagai bahan baku obat. Salah satu tanaman obat yang dikenal memiliki banyak manfaat adalah lada hitam. Lada hitam, dikenal sebagai raja king rempah-rempah, perlu dikembangkan menjadi produk lain (Risfaheri. 2012). Lada hitam juga dilaporkan mengandung minyak atsiri 1,0-2,5% dan 5,0-9,0% alkaloid piperamida yang terakumulasi di kulit buah dan biji lada, dengan bahan utama adalah piperin, cavinin, piperidin, dan piperetin (Deshwal, 2013; Karsha & Lakshmi, 2010; Pundir & Jain, 2010). Beberapa peneliti melaporkan bahwa lada hitam dapat digunakan dalam pengobatan vertigo, asma, obesitas, sinusitis, arthritis, demam (Karsha & Lakshmi, 2010), dan memiliki sifat antimikroba, antimutagenik, antipiretik, antioksidan, antiinflamasi, antikanker, anti-quorum-sensing, antidiare, antitumor, antiplatelet, antihipertensi, antitiroid dan hepatoprotektif (Hemalatha *et al.*, 2013; Ahmad *et al.*, 2012). Oleh karena itu, lada hitam dapat menjadi dikembangkan sebagai antibakteri, degradasi biofilm, dan antioksidan, terutama untuk produk perawatan mulut.

Kandungan fenolik, alkaloid, dan minyak atsiri lada hitam berpotensi sebagai antioksidan. Batubara *et al.* (2020) melakukan penelitian menentukan aktivitas antioksidan dari ekstrak dengan pelarut yang berbeda (air, etanol, kloroform, etil asetat) dan minyak atsiri biji lada hitam. Semua ekstrak, minyak esensial, dan piperin sebagai komponen lada hitam aktif sebagai antioksidan berdasarkan metode fosfomolibdat. Antioksidan yang paling aktif adalah minyak atsiri (139,05 mmol  $\alpha$ -tokoferol ekuivalen/g sampel) yang lebih aktif dibandingkan BHT (30,62 mmol ekuivalen  $\alpha$ -tokoferol/g sampel). Identifikasi kualitatif senyawa antioksidan aktif dilakukan dengan metode thin kromatografi lapis-bioautografi. Ekstrak etil asetat, kloroform, dan etanol memberikan 4-5 pita aktif sebagai antioksidan. Minyak atsiri lada hitam adalah yang paling aktif sebagai antioksidan.

Metode fosfomolibdat dilakukan untuk menentukan antioksidan total ekstrak lada hitam dalam berbagai pelarut, minyak esensial, dan piperin (Sigma) (Zarai *et al.*, 2012). Sebanyak 0,50 mL larutan sampel dicampur dengan 5,00 mL reagen phosphomolibdate yang mengandung 0,60 M asam sulfat pekat, 28 mM natrium fosfat, dan 4 mM amonium molibdat. Sampel dan reagen fosfomolibdat kemudian diinkubasi pada suhu 95°C selama 90 menit, didinginkan

pada suhu kamar dan penyerapan ditentukan oleh spektrofotometer pada 695 nm. BHT digunakan sebagai positif kontrol. Aktivitas antioksidan masing-masing sampel dinyatakan setara dengan  $\alpha$ -tokoferol.

Aktivitas antioksidan masing-masing ekstrak juga ditentukan dengan KLT-bioautografi yang merupakan modifikasi dari metode dari Prieto (Prieto *et al.*, 1999). Masing-masing 8 L ekstrak kasar lada hitam dalam berbagai pelarut dan 2 pipel piperin standar diaplikasikan pada pelat KLT. Fasa diam pada sistem kromatografi yang digunakan adalah silika gel 60 F254, sedangkan fase gerak yang digunakan adalah kloroform: diklorometana (37:3). Setelah tahap pemisahan, pelat KLT dikeringkan dan diamati di bawah sinar UV-Vis, kemudian dicelupkan ke dalam reagen fosfomolibdat, diinkubasi pada suhu 95°C selama 30 menit. Biru hijau Bintik-bintik menunjukkan senyawa yang bertindak sebagai antioksidan. Berdasarkan hasil penelitian Batubara *et al.* (2020) pada Tabel 3 disajikan hasil aktivitas antioksidan ekstrak dan minyak atsiri biji lada hitam.

**Tabel 10.3.** Hasil Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Minyak Atsiri Biji Lada Hitam (Batubara *et al.*, 2020).

| Nama Sampel         | Hasil (%) | Aktivitas antioksidan<br>(mmol $\alpha$ -tokoferol<br>ekuivalen/g sampel) |
|---------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
| Ekstrak air         | 21,74     | 20,68                                                                     |
| Ekstrak etanol      | 9,20      | 119,59                                                                    |
| Ekstrak kloroform   | 5,55      | 113,59                                                                    |
| Ekstrak etil asetat | 7,10      | 124,08                                                                    |
| Minyak atsiri       | 0,22      | 139,05                                                                    |
| Piperin             | -         | 91,59                                                                     |
| BHT                 | -         | 30,62                                                                     |

### 10.7.6. Daun Rosemari

Komposisi minyak esensial *Rosmarinus*. tanaman liar *tournefortii*, *Rosmarinus*. tanaman domestikasi *tournefortii*, dan tanaman liar *Rosmarinus officinalis*. L yang tumbuh di iklim bio yang berbeda dari Maroko timur, ditentukan oleh GC-FID dan GC-MS. Minyak dinilai untuk aktivitas antimikroba dan antioksidannya. Variasi komposisi kimia yang dikaitkan dengan varietas daripada iklim bio terungkap.  $\alpha$ -pinena (0,637%; 44,22%; 5,74%), Camphena (11,62%; 6,52%; 2,21%),  $\beta$ -pinena (14,72%; 1,14%; 3,71%), 1,8-

Cineola (10,1%; tidak teridentifikasi; 56,51%) dan Kamper (39,27%; 7,64%; 13,56%) diidentifikasi sebagai konstituen utama tumbuhan liar *R. tournefortii*, tumbuhan peliharaan *R. tournefortii*, dan *R. officinalis*. L tanaman liar masing-masing. Penelitian Tahri *et al.* (2015) ini didasarkan pada penentuan diameter inhibisi hingga aktivitas antimikroba dan antioksidan moderat dari minyak yang terbukti melawan delapan bakteri yang diuji. Ini ditentukan dengan uji 1,1-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Aktivitas antimikroba dan antioksidan tertinggi ditemukan pada minyak dari *Rosmarinus*. tanaman domestikasi *tournefortii*.

**Tabel 10.4.** Komposisi Kimia Minyak Atsiri Daun Rosemari dari Maroko Timur (Tahri *et al.*, 2015)

|    |                                    |      |        | <i>Rosmarinus.<br/>tournefortii</i> | <i>R.tournefortii.</i> | <i>Rosmarinus.<br/>officinalis.L</i> |
|----|------------------------------------|------|--------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| No | Senyawa                            | RT   | RI     | % Senyawa                           | % Senyawa              | % Senyawa                            |
|    | Hidrokarbon monoterpen             |      |        | 35,79                               | 63,88                  | 12,42                                |
| 1  | Tricyclene                         | 4,59 | 813    | 2,04                                | 0,37                   | -                                    |
| 2  | α-Pinen                            | 6,78 | 916    | 0,63                                | 44,21                  | 5,74                                 |
| 3  | Kampen                             | 7,08 | 929    | 11,62                               | 6,51                   | 2,21                                 |
| 4  | β-Pinen                            | 7,44 | 944    | 14,72                               | 1,13                   | 3,71                                 |
| 5  | Myrcene                            | 8,10 | 971    | 3,30                                | 3,28                   | 0,75                                 |
| 6  | α-phellandrene                     | 8,46 | 986,7  | -                                   | 1,35                   | -                                    |
| 7  | α-Terpipena                        | 9,28 | 1020   | 1,22                                | 0,28                   | -                                    |
| 8  | 1-methyl-4-(1-methylethyl) benzene | 9,32 | 1020,9 | -                                   | 0,25                   | -                                    |
| 9  | Limonena                           | 9,36 | 1022,5 | -                                   | 3,85                   | -                                    |
| 10 | Trans-β-ocimene                    | 9,38 | 1024   | -                                   | 0,33                   | -                                    |
| 11 | γ-Terpinena                        | 9,39 | 1025   | 2,24                                | 1,52                   | -                                    |
| 12 | Terpinolena                        | 9,40 | 1027   | -                                   | 0,75                   | -                                    |

Aktivitas penangkapan radikal DPPH dari minyak atsiri dapat mencegah spesies radikal reaktif dari merusak biomolekul seperti PUFA, DNA, protein dan gula dalam sistem biologis dan makanan yang rentan (Gupta *et al.*, 2011). Pertama, kami mempelajari kapasitas radikal scavenging (RSC) dari tiga minyak esensial dari daun rosemary dengan uji DPPH asli (Kumar *et al.*, 2012). Aktivitas antioksidan minyak atsiri dari tanaman aromatik terutama dikaitkan dengan senyawa aktif yang ada di dalamnya. Hal ini tidak hanya disebabkan oleh tingginya persentase konstituen utama, tetapi juga karena adanya konstituen lain dalam jumlah kecil atau karena sinergi di antara mereka. Dalam penelitian ini, aktivitas antioksidan minyak

atsiri daun rosemary yang tumbuh di Maroko timur dibandingkan dengan asam askorbat ( $IC_{50} = 24,88 \pm 0,48 \mu\text{L/mL}$  dengan  $r^2 = 0,98$  dan rangkap tiga ( $n=3$ )) sebagai senyawa anti-oksidan referensi ditentukan dengan metode DPPH radikal *scavenging assay*. EO dari tanaman domestikasi *R. Tournefortii* adalah yang paling aktif dengan ( $20,17 \pm 1,04 \mu\text{L/mL}$ ), diikuti oleh minyak dari tanaman liar *R. tournefortii* ( $28,97 \pm 0,86 \mu\text{L/mL}$ ) dan kemudian dari *R. officinalis*. *L* tumbuhan liar dengan ( $37,95 \pm 1,11 \mu\text{L/mL}$ ). Ditemukan bahwa minyak atsiri tanaman domestikasi *R. Tournefortii* dan tanaman liar *R. tournefortii* menunjukkan kapasitas antioksidan yang baik dibandingkan dengan asam askorbat.

#### 10.7.7. *Ducrosia anethifolia* (Boiss)

*Ducrosia anethifolia* Boiss, yang dikenal dalam bahasa Persia sebagai Moshgak, Roshgak, dan Moshkbu, milik keluarga Apiaceae. Ini adalah satu dari tiga spesies *Ducrosia* Iran yang tumbuh liar di Iran tenggara, di daerah pegunungan di Provinsi Kerman (Mozaffarian, 1996). Dalam Pengobatan Tradisional Iran, seluruh ramuan terutama bagian udaranya telah digunakan sebagai analgesik untuk sakit kepala, sakit punggung, serta untuk pengobatan kolik, dan pilek.



**Gambar 10.8.** Tanaman *Ducrosia anethifolia*

<http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:841486-1>)

*Ducrosia anethifolia* telah direkomendasikan sebagai obat untuk gangguan neurologis, bentuk tanamannya dapat disajikan pada **Gambar 10.8**. Namun, efek antikonvulsan dari *D. anethifolia* minyak atsiri (DAEO) dan konstituen utamanya  $\alpha$ -pinena belum diklarifikasi.

Dalam penelitiannya Zamyad *et al.* (2018) menggunakan metode sebagai berikut, model tikus pentylenetetrazole (PTZ)- digunakan kejang yang diinduksi. Parameter oksidan dan antioksidan diuji di lobus temporal. Hasil data menunjukkan bahwa DAE0 (50, 100 dan 200 mg/kg, i.p.) dan  $\alpha$ -pinena (0,2 dan 0,4 mg/kg i.p.) menunda waktu inisiasi, dan mengurangi durasi mioklonik. dan kejang tonik-klonik setelah injeksi PTZ. PTZ menghasilkan stres oksidatif sehingga kadar malondialdehid dan hidrogen peroksida meningkat dan aktivitas katalase dan peroksidase menurun. Pretreatment dengan DAE0 dan  $\alpha$ -pinena secara signifikan menghambat yang disebutkan di atas perubahan enzimatik pada hewan yang diobati dengan PTZ. Hasilnya menunjukkan bahwa  $\alpha$ -pinena, setidaknya sebagian, bertanggung jawab untuk induksi efek antikonvulsan dan antioksidan DAE0 pada tikus.

#### **10.7.8. *Wedelia prostrata***

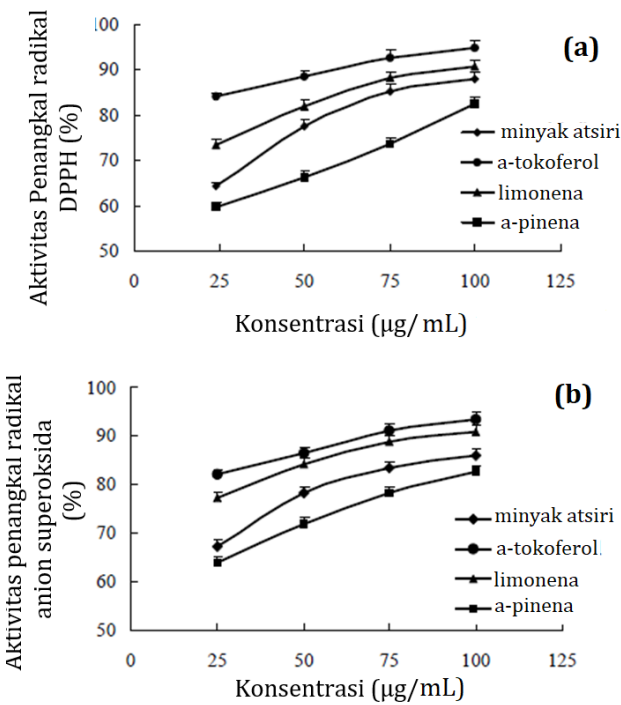
Penelitian Dai *et al.* (2013) berkaitan dengan komposisi kimia, aktivitas antioksidan dan antimikroba minyak esensial *Wedelia prostrata* dan konstituen utamanya secara *in vitro*. Sebanyak 70 komponen yang mewakili 99,26% dari total minyak diidentifikasi. Senyawa utama dalam minyak adalah limonena (11,38 %) dan  $\alpha$ -pinena (10,74 %). Uji antioksidan (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil, radikal anion superoksida, dan uji daya reduksi) menunjukkan aktivitas sedang untuk minyak atsiri dan komponen utamanya (limonena dan  $\alpha$ -pinena). Yang penting minyak (1000  $\mu$ g/cakram) menunjukkan aktivitas antimikroba yang menjanjikan terhadap 10 strain mikroorganisme uji tes sebagai diameter zona hambat (20,8 hingga 22,2 mm) dan nilai MIC (125 hingga 250  $\mu$ g/mL). Aktivitas limonena dan  $\alpha$ -pinena juga ditentukan sebagai komponen utama minyak.  $\alpha$ -pinena menunjukkan aktivitas antimikroba yang lebih tinggi daripada minyak atsiri dengan diameter zona penghambatan (20,7 hingga 22,3 mm) dan nilai MIC (62,5 hingga 125  $\mu$ g/mL). Antioksidan dan sifat antimikroba dari minyak esensial dapat dikaitkan dengan efek sinergis dari komponen mayor dan minornya yang beragam.

Penentuan aktivitas antioksidan (**Gambar 10.9**), 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) *radical scavenging activity*, 0,1 mL minyak 25, 50, 75 dan 100  $\mu$ g/mL minyak dan komponen utamanya (limonena dan  $\alpha$ -pinena) masing-masing dicampur dengan 1 mL 0,2 mM DPPH

(dilarutkan dalam metanol). Campuran reaksi diinkubasi selama 20 menit pada 28°C di lingkungan yang gelap. Solusi kontrol, yang berisi semua reagen kecuali sampel, digunakan sebagai kosong. Aktivitas pemulungan radikal DPPH ditentukan dengan mengukur absorbansi pada 517 nm menggunakan spektrofotometer dan menghitung menggunakan berikut **persamaan 10.1**.

$$\text{Efek pembilasan DPPH \%} = \left( \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \right) \times 100 \tag{1}$$

di mana  $A_{\text{kontrol}}$  dan  $A_{\text{sampel}}$  adalah absorbansi sampel kontrol dan senyawa uji, masing-masing. Aktivitas pemulungan radikal DPPH  $\alpha$ -tokoferol juga diuji untuk perbandingan (Dai *et al.*, 2013).



**Gambar 10.9.** Aktivitas (a) pemulungan radikal DPPH dari Minyak atsiri *W. prostrata*, (b) penangkal radikal superoksida minyak atsiri *W. prostrata* (Dai *et al.*, 2013).

### 10.7.9. *Citrus aurantium* L zest

*Citrus aurantium* L (*Rutaceae*), umumnya dikenal sebagai jeruk asam, pahit, bigarade, atau jeruk Sevilla, umumnya dikonsumsi

sebagai selai jeruk di negara-negara Mediterania dan digunakan sebagai agen penyedap (Rousef & Perez-Cacho, 2007). Di Haiti, ditemukan untuk digunakan sebagai obat untuk mengobati masuk angin, demam, liver gangguan, masalah kandung empedu, rematik, epilepsi, syok emosional, memar secara internal dan eksternal, kulit noda dan masalah pencernaan (Ouedrhira *et al.*, 2015).

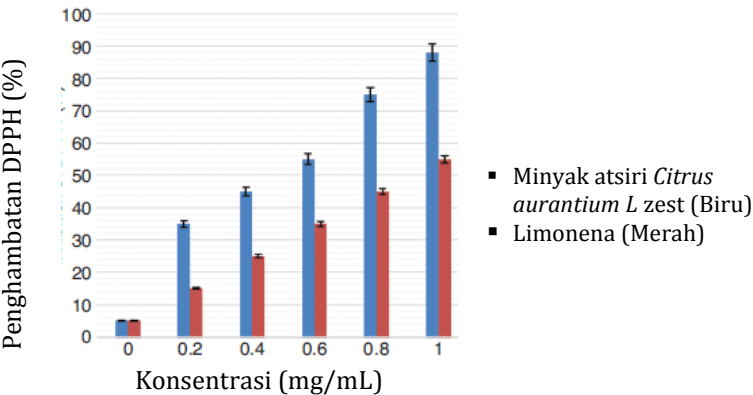
Minyak atsiri dari kulit jeruk *Citrus aurantium* L digunakan untuk konduksi percobaan. Kandungan minyak esensial ditentukan oleh distilasi uap. Distilasi uap, metode yang digunakan untuk ekstraksi minyak esensial, mengambil keuntungan dari volatilitas dari suatu senyawa untuk menguap ketika dipanaskan dengan uap dan hidrofobisitas senyawa untuk memisahkan menjadi fase minyak selama kondensasi. Kulit segar *Citrus aurantium* L digunakan untuk ekstraksi minyak atsiri. Semangat Citrus aurantium L diirak menjadi potongan-potongan kecil dan benar-benar dicuci dengan air suling minimal dua kali. Kelebihan air dikeringkan dan kulitnya dikeringkan selama 2 hari pada 25°C. Ekstraksi dilakukan selama 4 jam dari tetes pertama destilat sampai jumlah minyak atsiri stabil. Minyak dikumpulkan dalam tabung gelas dan disimpan pada 4°C sampai digunakan lebih lanjut (Teneva *et al.*, 2019).

Kemampuan minyak atsiri *Citrus aurantium* L zest untuk melepaskan radikal bebas diuji dengan menggunakan senyawa penangkal radikal bebas sintetik 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) (Tumbariski *et al.*, 2016). Secara singkat, minyak esensial diencerkan secara serial [0,2, 0,4, 0,6, 0,8, dan 1,0 mg/mL (b/v)] dalam metanol. Sebuah solusi dari DPPH [0,004% (b/v)] dibuat dalam pelarut yang sama. Kemudian 300 L masing-masing pengenceran dicampur dengan 2700 L larutan DPPH. Reaksi dilakukan pada suhu 37°C di kegelapan dan penyerapan pada 517 nm dicatat setelah tepat 15 menit terhadap metanol. Trolox (6-hidroksi-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) digunakan sebagai standar. Setiap tes dilakukan dalam rangkap tiga. Aktivitas antioksidan dihitung menggunakan **persamaan 10.2**. Keterangan persamaan tersebut adalah AA sebagai aktivitas antioksidan, dan Abs sebagai absorbansi

$$AA\% = [(Abs\ Abs) / Abs] \times 100 \quad (10.2)$$

(Teneva *et al.*, 2019)

Identifikasi dari senyawa kimia dilakukan dengan menggunakan kromatografi analisis. Aktivitas antioksidan dipelajari oleh 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) pemulung radikal pengujian kadar logam. Hasil menunjukkan bahwa komponen utama dari minyak atsiri adalah limonena (85,22%),  $\beta$ -mircena (4,3%), dan  $\alpha$ -pinena (1,29%). Mengenai pemulungan radikal DPPH kemampuan, minyak esensial zest menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi daripada limonena (Teneva *et al.*, 2019) yang disajikan pada **Gambar 10.10**.



**Gambar 10.10.** Kemampuan menangkap radikal bebas dari *Citrus aurantium* L zest minyak esensial dan limonena (Teneva *et al.*, 2019)

1

### 10.7.10. Terpena

Aktivitas antioksidan total dari konstituen minyak atsiri ditentukan dengan FRAP dan DPPH metode diberikan pada Tabel 5. Aktivitas antioksidan keseluruhan  $\alpha$ -terpineol adalah yang terkuat, diikuti dalam urutan menurun oleh linalool dan eucalyptol (**Tabel 10.5**). Eucalyptol menunjukkan lemah aktivitas antioksidan dengan metode FRAP, dan hampir tidak ada aktivitas penangkapan radikal bebas dengan metode DPPH. Hubungan dan aktivitas antioksidan juga sangat dipengaruhi oleh perbedaan metode pengujian yang digunakan (Shan *et al.*, 2005). Kedua hasil yang diperoleh dari uji FRAP dan DPPH hampir sama hasil. Beberapa penulis juga melaporkan bahwa ada perbedaan hasil yang diperoleh dari keduanya tes (Gourine *et al.*, 2010; Politeo *et al.*, 2010), sehingga sulit untuk membandingkan hasil

dari metode yang berbeda yang digunakan untuk menentukan aktivitas antioksidan dalam literatur, sehingga interpretasi aktivitas antioksidan mungkin memerlukan kombinasi metode yang berbeda

Tabel 10.5. Aktivitas Antioksidan komponen EO (terpen) diukur dengan FRAP dan metode DPPH (Zengin & Baysal, 2014).

| Komponen Minyak<br>Atsiri | FRAP (mmol Trolox<br>mL <sup>-1</sup> ) | DPPH (IC <sub>50</sub><br>μL·mL <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Kayu Putih                | 0,58 ± 0,22                             | Tidak aktif                                     |
| α-Terpineol               | 1,23 ± 0,56                             | 433,97 ± 13,69                                  |
| Linalool                  | 1,20 ± 0,27                             | 325,05 ± 20,19                                  |

Dalam penelitian dimana aktivitas antioksidan dari komponen minyak atsiri *Salvia tomentosa* Miller (*Lamiaceae*) diperiksa, terpinena-4-ol, 1,8-cineole, camphor, borneol, p-cymene, α-pinena dan β-pinena tidak menunjukkan aktivitas (Tepe *et al.*, 2005). Untuk mengetahui sifat antioksidan *Achilea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (*Asteraceae*) minyak, komponen utamanya, yang menyumbang 60,7% dari total, misalnya, eucalyptol, kamper, α-pinena, borneol, terpinena-4-ol dan β-pinena, semuanya diuji secara individual dan tidak ada yang menunjukkan aktivitas antioksidan di salah satu tes yang digunakan (Candan *et al.*, 2003). Alasan yang ditunjukkan oleh minyak atsiri jauh lebih banyak aktivitas daripada konstituennya saja yang dapat dikaitkan dengan persentase yang tinggi dari bahan utama komponen, sinergi di antara konstituen minyak yang berbeda atau komponen mikro yang bertindak sebagai pro-oksidan (Viuda-Martos *et al.*, 2010). Namun, aktivitas antioksidan eucalyptol dan terpinena-4-ol sebelumnya dilaporkan menggunakan uji aldehida/asam karboksilat dan metode peroksidasi lipid (Lee & Shibamoto, 2001); dengan berkepanjangan periode inkubasi (masing-masing 30 hari dan 18 jam) berbeda dengan prosedur eksperimental yang menggunakan Masa inkubasi 30-60 menit (Candan *et al.*, 2003).

Temuan untuk -terpineol (alkohol monoterpen) dan linalool (alkohol terpene asiklik) menunjukkan bahwa ada yang sangat lemah, dan kayu putih hampir tidak memiliki aktivitas antioksidan. Teroksigenasi monoterpen, terutama timol dan carvacrol, memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Meskipun, hidrokarbon monoterpen dapat dianggap sebagai antioksidan aktif, tidak ada yang lebih kuat dari oksigen monoterpen. Hidrokarbon seskuiterpen dan turunannya

yang teroksidasi memiliki antioksidan yang sangat rendah aktivitas (Ruberto & Baratta, 2000).

#### **10.7.11. *Pistacia lentiscus* var. *chia***

Minyak esensial damar wangi diekstraksi dari resin tanaman *Pistacia lentiscus* var. *chia* (juga dikenal sebagai "gum damar wangi") dengan distilasi. Ekstraksi minyak dan profil volatil analisis dijelaskan sebelumnya. Minyaknya adalah campuran dari monoterpen yang mudah menguap dan seskuiterpen hadir pada persentase yang berbeda yang mencakup 94,12% dari total kromatografi daerah. Dua monoterpen yang paling melimpah adalah  $\alpha$ -pinena dan myrcene, terhitung 67,71% dan 8,81% dari total luas kromatografi (Spyridopoulou *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian Xanthis *et al.* (2021) menjabarkan bahwa potensi antioksidan, sitoprotektif, dan penyembuhan luka dari minyak esensial dari resin *Pistacia lentiscus* var. *chia* (minyak damar wangi) dievaluasi bersama dengan komponen utamanya, myrcene dan  $\alpha$ -pinena. Potensi antioksidan dipantau sebagai: (i) aktivitas antioksidan langsung sebagai dinilai dengan 2,2-di-fenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat) asam), dan uji ABTS; (ii) aktivitas perlindungan kerusakan DNA; dan (iii) aktivitas sitoprotektif sebagai dinilai melalui induksi transkripsi gen yang terkait dengan respons antioksidan pada keratinosit manusia sel (HaCaT). Potensi sitoprotektif dari zat uji dievaluasi lebih lanjut terhadap radiasi ultraviolet B (UVB)- atau kerusakan oksidatif yang diinduksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sedangkan kerusakan regeneratifnya kapabilitas diakses dengan memantau tingkat penutupan luka di HaCaT. Minyak damar wangi dan mayor komponen tidak menunjukkan aktivitas antioksidan langsung yang signifikan, namun mereka meningkatkan Mrna tingkat gen respon antioksidan, menunjukkan aktivitas antioksidan tidak langsung. Pengobatan HaCaT dengan zat uji sebelum dan sesudah penyinaran UVB menghasilkan peningkatan viabilitas sel di kasus pra-perawatan dengan minyak damar wangi atau pasca perawatan dengan *myrcene*. Peningkatan sitoproteksi adalah juga diamati dalam kasus perawatan sel dengan minyak damar wangi atau komponen utamanya sebelum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> paparan. Akhirnya, minyak damar wangi dan *myrcene* menunjukkan efek tergantung dosis yang menguntungkan untuk sel migrasi dan penutupan luka. Secara

kolektif, minyak esensial damar wangi dapat memberikan sitoprotektif yang menjanjikan sifat melalui mekanisme antioksidan tidak langsung.

Tabel 10.6. Data aktivitas antioksidan minyak damar wangi menggunakan pemeriksaan DPPH dan ABTS. Selanjutnya data disajikan sebagai rata-rata ± SD nilai IC<sub>50</sub> yang ditentukan dalam setidaknya tiga tes independen. Pengukuran rangkap tiga dilakukan di setiap pengujian. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif.

**Tabel 10.6.** Aktivitas antioksidan minyak damar wangi dan menggunakan pemeriksaan DPPH dan ABTS. (Xanthis *et al.*, 2021).

| Senyawa            | IC <sub>50</sub> (μM) |                  |
|--------------------|-----------------------|------------------|
|                    | DPPH                  | ABTS             |
| Minyak damar wangi | tidak ditentukan      | tidak ditentukan |
| Myrcene            | tidak ditentukan      | tidak ditentukan |
| α-Pinena           | tidak ditentukan      | tidak ditentukan |
| Asam askorbat      | 26,13 ± 0,16          | 30,71 ± 0,24     |

**Tabel 10.7.** Aktivitas antioksidan myrcene dan α-Pinena pada konsentrasi tertinggi diuji menggunakan DPPH dan pemeriksaan ABTS (Xanthis *et al.*, 2021).

| Senyawa               | Inhibisi (%) |              |
|-----------------------|--------------|--------------|
|                       | DPPH         | ABTS         |
| Myrcene (40,5 mg/mL)  | 29,22 ± 6    | 0            |
| α-Pinena (43,5 mg/mL) | 47,9 ± 2,78  | 49,28 ± 3,55 |

### 10.8. Simpulan

Eksplorasi dari sifat dan potensi antioksidan dari minyak atsiri yang mengandung senyawa α-pinena dan turunan monoterpena dari beberapa tumbuhan. Analisis GC-MS menunjukkan bahwa minyak esensialnya beberapa tumbuhan yang diteliti adalah sumber yang kaya α-pinena dan β-pinena dan memiliki aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan dari senyawa ini dievaluasi dengan uji 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Potensi antioksidan menggunakan penangkal radikal bebas DPPH juga dianalisis menggunakan dosis yang bervariasi dari α-pinena. Senyawa 8,9-dehidro-10-hidroksitimol memiliki potensi antioksidan yang lebih tinggi dengan nilai IC<sub>50</sub> sebesar 62,5 μM dan BDE = 79,2 kkal/mol. Hasil ini menunjukkan bahwa adanya senyawa tak jenuh ikatan rangkap adalah faktor utama yang menentukan aktivitas antioksidan dari senyawa yang diselidiki.

Pada kulit *Pinus wallichiana* ditentukan aktivitas antioksidan yang kuat dan dapat berfungsi sebagai sumber antioksidan alami. Sebuah korelasi yang signifikan antara antioksidan aktivitas dan TPC/TFC ditemukan menunjukkan fenolik dan flavonoid senyawa adalah kontributor utama potensi antioksidan *Pinus wallichiana*.

### Daftar Pustaka

- Acimovic, M.G., Tesevic, V., Mara, D., Cvetkovic, M., Stankovic, J., & Filipovic, V. (2016). The Analysis of Cumin Seeds Essential Oil and Total Polyphenols from Postdistillation Waste Material. *Advanced technologies*, 5(1), 23-30.
- Ahmad, N., Fazal, H., Abbasi, B.H., Farooq, S., Ali, M., & Khan, M.A. (2012). Biological role of *Piper nigrum* L. (Black pepper): A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(3), 1945-1953.
- Amandi, R., Hyde, J.R., Ross, S.K., Lotz, T.J., & Poliako, M. (2005). Continuous reactions in supercritical fluids; a cleaner, more selective synthesis of thymol in supercritical CO<sub>2</sub>. *Green Chem.*, 7, 288-293.
- Aswandi, A., & Kholibrina, C.R. (2020). Potensi Minyak Atsiri Kamfer Sumatera (*Dryobalanops aromatica Gaertn.*) Untuk Bahan Baku Obat Herbal. *Jurnal Farmasi Udayana*, 171-179.
- Batubara, I., Rafi, M., & Yolanda, M.L. (2020). Antioxidant, Antibacterial, and Degradation *Streptococcus mutans* Biofilms Activities of Black Pepper (*Piper nigrum*) Seed Extract. *AIP Conference Proceedings*, 2243(030003), 1-5.
- Bhavaniramya, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology*, 2, 49-55.
- Cai, Y., Luo, Q., & Sun, M. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci.*, 74(17), 2157-2184.
- Candan, F., Unlu, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, A., & Akpulat, H.A. (2003). Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (Asteraceae). *J. Ethnopharmacol.*, 87, 215-220.
- Chaudhry, A.H., Tanveer, A., Shar, A., Akhtar, M.S., Shahid, M.K., Ashfaq, K.M., Malik, T.A., & Siddiqui, R.H. (2012). Physicochemical investigation and antimicrobial activity of essential oil of

- Cuminum cyminum L. *World Applied Sciences Journal*, 19, 330-333.
- Chen, Q., Hu, X., Li, J., Liu, P., Yang, Y., & Ni, Y. (2011). Preparative isolation and purification of cuminaldehyde and p-menta-1,4-dien-7-al from the essential oil of Cuminum cyminum L. by high-speed counter-current chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 689, 149-154.
- Dai, J., Zhu, L., Yang, L., & Qiu, J. (2013). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil from Wedelia Prostrata. *EXCLI Journal*, 12, 479-490.
- De Carvalho, A. R., de Carvalho, M. G., Braz-Filho, R., & Vieira, I. J. C. (2016). Psychotria Genus. Studies in Natural Products Chemistry. *Studies in Natural Products Chemistry*, 48(7), 231-261.
- Deng, L.L., Taxipalati, M., Que, F., & Zhang, H. (2016). Physical characterization and antioxidant activity of thymol solubilized Tween 80 micelles. *Sci. Rep.*, 6, 38160-38168.
- Deshwal, V. K. (2013). Antimicrobial investigation of Piper nigrum L. Against Salmonella typhi. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 3(3), 100-103.
- Dheer, J.D., Singh, D., Kumar, G., Karnatak, M., Chandra, S., Verma, V.P., & Shankar, R. Thymol chemistry: A medicinal toolbox. *Curr. Bioact. Compd.*, 15, 454-474.
- Do-Nascimento, N.C., Fragoso, V., Moura, D.J., e-Silva, A.C.R., Fett-Neto, A.G., & Saffi, J. (2007). Antioxidant and antimutagenic effects of the crude foliar extract and the alkaloid brachycerine of Psychotria brachyceras. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 48(9), 728-734.
- Dragomanova, S., Tancheva, L., Georgieva, M., & Klisurov, R. (2019). Analgesic and Anti-Inflammatory Activity of Monoterpenoid Myrtenal in Rodents. *Journal of IMAB*, 25(1), 2406-2413.
- Duh, P. (1999). Antioxidant activity of water extract of four Harnng Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) varieties in soybean oil emulsion. *Food Chem.*, 66(4), 471-476.
- Fajar, A., Ganjar, A.A., Muhammad, H., Robert, M., & Muhammad, Y.A. (2019). Effect of tree age on the yield, productivity, and chemical composition of essential oil from Cinnamomum burmannii. *Current Research on Biosciences and Biotechnology*, 1(1), 17-22.
- Fassakhov, R.S. (2009). Synthesis and antifungal activity of compounds of the pinane series. *Pharm. Chem. J.*, 43, 251-254.
- Felipe, C.F.B., Albuquerque, A.M.S., de Pontes, J.L.X., de Melo, J.V., Rodrigues, T.C.M.L., de Sousa, A.M.P., Monteiro, A.B., da Silva Ribeiro, A.E., Lopes, J.P., & Menezes, I.R.A. (2019). Comparative

- study of alpha- and beta-pinene effect on PTZ-induced convulsions in mice. *Fund. Clin. Pharmacol.*, 33, 181-190.
- Foti, M.C. (2007). Antioxidant properties of phenols. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(12), 1673-1685.
- Fragoso, V., do-Nascimento, N.C., Moura, D.J., e Silva, A.C.R., Richter, M.F., Saffi, J., & Fett-Neto, A.G. (2008). Antioxidant and antimutagenic properties of the monoterpene indole alkaloid psychollatine and the crude foliar extract of *Psychotria umbellata* Vell. *Toxicology in Vitro*, 22(3), 559-566.
- Gourine, N., Yousfi, M., Bombarda, I., Nadjemi, B., Stocker, P., & Gaydou, E.M. (2010). Antioxidant activities and chemical composition of essential oil of *Pistacia atlantica* from Algeria. *Ind. Crop Prod.*, 31, 203-208.
- Grabowska, H., Miśta, W., Trawczyński, J., Wrzyszczy, J., & Zawadzki, M. (2001). A method for obtaining thymol by gas phase catalytic alkylation of m-cresol over zinc aluminate spinel. *Applied Catalysis A: General*, 220(1-2), 207-213.
- Gupta, D., Bleakley, B., Gupta R.G. (2011). Phytochemical analysis and antioxidant activity of herbal plant *Doronicum hookeri* hook F. (Asteraceae). *J. Med. Plant. Res.*, 5(13), 2736-2742.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J.M.C. (1984). Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem J.*, 219(1), 1-14.
- Hemalatha, M., Thirumalai, T., Saranya, R., Elumalai, E.K. & David, E. (2013). A review on antimicrobial efficacy of some traditional medicinal plants in Tamilnadu. *J Acute Dis.*, 2, 99-105.
- Iniyavan, M., Sangeetha, D., Saravanan, S., & Parimelazhagan, T. (2012). Evaluation of antioxidant and pharmacological properties of *Psychotria nilgiriensis* Deb & gang. *Food Science and Biotechnology*, 21(5), 1421-1431.
- Ismail, A., Marjan, Z.M., & Foong, C.W. (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem.*, 87(4), 581-586.
- Javan, A.J., & Javan, M.J. (2014). Electronic structure of some thymol derivatives correlated with the radical scavenging activity: Theoretical study. *Food Chem.*, 165, 451-459.
- Kamaliroosta, L., Gharachorloo, M., Kamaliroosta, Z., & Alimohammad, Z.K.H. (2012). Extraction of cinnamon essential oil and identification of its chemical compounds, *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(4), 609-614.
- Kang, A., & Lee, T.S. (2016). Secondary Metabolism for Isoprenoid-based Biofuels. *Biotechnology for Biofuel Production and Optimization*, 2, 35-71.

- Karsha, P. V., & Lakshmi, O.B. (2010). Antibacterial activity of black pepper (*Piper nigrum* Linn.) with special reference to its mode of action on bacteria. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(2), 213-215.
- Kerber, V.A., Passos, C.S., Klein-Júnior, L.C., Quirion, J.C., Pannecoucke, X., Salliot-Maire, I., & Henriques, A.T. (2014). Three new monoterpene indole alkaloids from *Psychotria umbellata* Thonn. *Tetrahedron Letters*, 55(34), 4798-4800.
- Kerber, V.A., Passos, C.S., Verli, H., Fett-Neto, A.G., Quirion, J.P., & Henriques, A.T. (2008). Psychollatine, a Glucosidic Monoterpene Indole Alkaloid from *Psychotria umbellata*. *Journal of Natural Products*, 71(4), 697-700.
- Kesselmeier, J., & Staudt, M. (1999). Biogenic Volatile Organic Compounds (VOC): An Overview on Emission, Physiology and Ecology. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 33(1), 23-88.
- Khalifaev, P.D., Sharopov, F.S., Bakri, M., Habasi, M., Safomuddin, A., Numonov, S., Aisa, H.A., & Setzer, W.N. (2017). Chemical composition of the essential oil from the roots of *Ferula kuhistanica* growing wild in Tajikistan. *Nat. Prod. Commun.*, 12, 1-4.
- Kumar, A., Kumari, S.N., Bhargavan, D. (2012). Evaluation of in vitro antioxidant potential of ethanolic extract from the leaves of *Achyranthes aspera*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5(3), 146-148.
- Kumar, D., & Rawat, D.S. (2013). Synthesis and antioxidant activity of thymol and carvacrol based Schi bases. *Biorgan. Med. Chem.*, 23, 641-645.
- Lee, K.G., & Shibamoto, T. (2001). Antioxidant activities of volatile components isolated from *Eucalyptus* species. *J. Sci. Food Agric.*, 81, 1573-1579.
- Lei, Y., Fu, P., Jun, X., & Cheng, P. (2019). Pharmacological properties of geraniol—A review. *Planta Med.*, 85, 48-55.
- Leopoldini, M., Marino, T., Russo, N., & Toscano, M. (2004). Antioxidant Properties of Phenolic Compounds: H-Atom versus Electron Transfer Mechanism. *The Journal of Physical Chemistry A*, 108(22), 4916-4922.
- Lin, G.S., Duan, W.G., Yang, L.X., Huang, M., & Lei, F.H. (2017). Synthesis and antifungal activity of novel myrtenalbased 4-methyl-1,2,4-triazole-thioethers. *Molecules*, 22, 193.
- Lokeshkumar, B., Sathishkumar, V., Nandakumar, N., Rengarajan, T., Madankumar, A., & Balasubramanian, M.P. (2016). Chemopreventive effect of myrtenal on bacterial enzyme activity and the development of 1,2-dimethyl hydrazine-

- induced aberrant crypt foci in Wistar Rats. *J. Food Drug Anal.*, 24(1), 206-213.
- Marchese, A., Orhan, I.E., Daglia, M., Barbieri, R., Di Lorenzo, A., Nabavi, S.F., Gortzi, O., Izadi, M., & Nabavi, S.M. Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. *Food Chem.*, 210, 402-414.
- Moghaddam, M., Miran, S.N.K., Pirbalouti, A.G., Mehdizadeh, L., & Ghaderi, Y. (2015). Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, 70, 163-169.
- Moraghebi, F. (2013). Introduction of mirtenal as an indicator component in essential oil of *Cuminum cyminum* Isfahan variety. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3, 112-117.
- Mozaffarian, V.A. (1996). *Dictionary of Iranian plant names: Latin, English, Persian*. City: Farhang Mo'aser.
- Nagle, P., Pawar, Y., Sonawane, A., Bhosale, S., & More, D. (2012). Synthesis and evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of thymol containing pyridone moieties. *Med. Chem. Res.*, 21, 1395-1402.
- Nikitina, L.E., Startseva, V.A., Vakulenko, I.A., Khismatulina, I.M., Lisovskaya, S.A., Glushko, N.P., &
- Nouri, L., Nafchi, A.M., & Karim, A.A. (2014). Phytochemical, antioxidant, antibacterial, and  $\alpha$ -amylase inhibitory properties of different extracts from betel leaves. *Industrial Crops and Products*, 60, 47-52.
- Olmedo, R., Asensio, C.M., & Grosso, N.R. (2015). Thermal stability and antioxidant activity of essential oil from aromatic plants farmed in Argentina. *Ind. Crops Prod.*, 69, 21-28.
- Ouedrhira, W., Bouhdida, S., Balouria, M., Lalamib, A.E.O., Mojac, S., & Chahdid, F.O. (2015). Chemical composition of *Citrus aurantium* L leaves and zest essential oils, their antioxidant, antibacterial single and combined effects. *J Chem Pharmaceut Res.*, 7, 78-84.
- Pietta, P.G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *J Nat Prod.*, 63(7), 1035-1042.
- Politeo, O., Jukic, M., & Milos, M. (2010). Comparison of chemical composition and antioxidant activity of glycosidically bound and free volatiles from clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). *J. Food Biochem.*, 34, 129-141.
- Porres-Martinez, M., Gonzalez-Burgos, E., Carretero, M.E., & Gomez-Serranillos, M.P. (2016). In vitro neuroprotective potential of

- the monoterpenes alpha-pinene and 1,8-cineole against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative stress in PC12 cells. *Z. Nat. C.*, 71, 191-199.
- Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337-341.
- Pundir, R. K., & Jain, P. (2010). Comparative Studies on The Antimicrobial Activity of Black Pepper (*Piper Nigrum*) and Turmeric (*Curcuma Longa*) Extracts. *Lecturer in Biotechnology, Kurukshetra Institute of Technology & Management, Bhor*. *Lecturer in. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 1(2), 492-501.
- Rassem, H.H.A., Nour, A.H., & Yunus, R.M. (2016). Techniques for Extraction of Essential Oils from Plants: A Review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(16), 117-127.
- Risfaheri. (2012). Diversifikasi produk lada (*Piper nigrum*) untuk meningkatkan nilai tambah. *Buletin Teknologi Pascapanenan Pertanian*, 8 (1), 15-26.
- Rousef, P., & Perez-Cacho, R. (2007). *Citrus flavor. In: Berger RG, editor. Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability, 1st ed.* Berlin: Springer.
- Ruberto, G., & Baratta, M.T. (2000). Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chem*, 69, 167-174.
- Rubulotta, G., & Quadrelli, E.A. (2019). Terpenes: A Valuable Family of Compounds for the Production of Fine Chemicals. *Horizons in Sustainable Industrial Chemistry and Catalysis*, 178(11), 215-229.
- Salehi, B., Upadhyay, S., Orhan, I.E., Jugran, A.K., Jayaweera, S.L.D., Dias, D.A., Sharopov, F., Taheri, Y., Martins, N., & Baghalpour, N., Cho, W.C., & Sharifi-Rad, J. (2019). Therapeutic Potential of  $\alpha$ - and  $\beta$ -Pinene: A Miracle Gift of Nature. *Biomolecules*, 9(11), 738.
- Santos-Sanchez, N.F., Salas-Coronado, R., Villanueva-Cañongo, C., & Hernandez-Carlos, B. (2019). *Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism*. Antioxidants, Emad Shalaby, IntechOpen,
- Schwab, W., Fuchs, C., & Huang, F.C. (2012). Transformation of terpenes into fine chemicals. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(1), 3-8.
- Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 7749-7759.

- Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G.C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M.R., & Ademiluyi, A.O. (2017). Biological Activities of Essential Oils: From Plant Chemoecology to Traditional Healing Systems. *Molecules*, 22, 70.
- Sharma, P., Gupta, A., Bhatt, N., Ahanger, S.H., Gupta, D., Singh, P., Lochan, R., & Bhagat, M. (2019). Antioxidant and phytochemical analysis of volatile oil and extracts of *Pinus wallichiana*. *MOJ Biology and Medicine*, 4(2), 37-40.
- Sharopov, F.S., Satyal, P., & Wink, M. (2016). Composition of the essential oil of *Ferula clematidifolia*. *Chem. Nat. Compd.*, 52, 518-519.
- Silva, A.C.R., Lopes, P.M., Azevedo, M.M.B., Costa, D.C.M., Alviano, C.S., & Alviano, D.S. (2012). Biological activities of  $\alpha$ -Pinena and  $\beta$ -Pinena enantiomers. *Molecules*, 17, 6305-6316.
- Somesh, M., Rupali, S., Swati, S., Jose, M., & Manish, M. (2015). In-vitro Comparative Study on Antimicrobial Activity of five Extract of Few Citrus Fruit: Peel & Pulp vs Gentamicin. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 9(1), 165-173.
- Spyridopoulou, K., Tiptiri-Kourpeti, A., Lampri, E., Fitsiou, E., Vasileiadis, S., Vamvakias, M., Bardouki, H., Goussia, A., Malamou-Mitsi, V., & Panayiotidis, M.I. (2017). Dietary Mastic Oil Extracted from *Pistacia lentiscus* var. *chia* Suppresses Tumor Growth in Experimental Colon Cancer Models. *Sci. Rep.*, 7, 3782.
- Teneva, D., Denkova-Kostova, R., Goranov, B., Hristova-Ivanova, Y., Slavchev, A., Denkova, Z., & Kostov, G. (2019). Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial activity of essential oil from *Citrus aurantium* L zest against some pathogenic microorganisms. *De Gruyter*, 1-7.
- Tepe, B., Sokmen, M., Akpulat, H.A., Daferera, D., Polissiou, M., & Sokmen, A. (2005). Antioxidative activity of the essential oils of *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* and *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *rosulans*. *J. Food Eng.*, 66, 447-454.
- Tumbariski, Y., Petkova, N., & Ivanov, I. (2016). Polyphenolic content, antioxidant activity and antimicrobial properties of leaf extracts from dandelion (*Taraxacum officinale*). *Ind Technol*, 3, 141-5.
- van Zyl, R.L., Seatlholo, S.T., van Vuuren, S.F. (2006). The biological activities of 20 nature identical essential oil constituents. *J. Essent Oil Res.*, 18, 129-133.
- Viuda-Martos, M., López-Marcos, M.C., Fernández-López, J., Sendra, E., López-Vargas, J.H., & Pérez-Álvarez, J.A. (2010). Role of fiber in cardiovascular diseases: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 9, 240-258.

- Wibowo, S., & Komarayati, S. (2015). Sifat Fisiko Kimia Minyak Cupresus (*Cupressus benthamii*) Asal Aek Nauli, Parapat Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2), 93-103.
- Wise, M.L., & Croteau, R. (1999). Monoterpene Biosynthesis. *Comprehensive Natural Products Chemistry*, 97-153.
- Wong, Y.C., Ahmad-Mudzaqqir, M.Y., & Wan-Nurdiyana, W.A. (2014). Extraction of Essential Oil from Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*). *Oriental Journal of Chemistry*, 30(1), 37-47.
- Xanthis, V., Fitsiou, E., Voulgaridou, G., Bogadakis, A., Chlichlia, K., Galanis, A., & Pappa, A. (2021). Antioxidant and Cytoprotective Potential of the Essential Oil Pistacia lentiscus var. chia and Its Major Components Myrcene and  $\alpha$ -Pinene. *Antioxidants*, 10(127), 1-19.
- Younis, A., Riaz, A., Khan, M.A., Khan, A.A., & Pervez, M.A. (2008). Extraction and identification of chemical constituents of the essential oil of Rosa species. *Acta Hort*, 766, 485-492.
- Zamyad, M., Abbasnejad, M., Esmaeili-Mahani, S., Mostafavi, A., & Sheibani, V. (2018). The anticonvulsant effects of Ducrosia anethifolia (Boiss) essential oil are produced by its main component  $\alpha$ -Pinene in rats. *Arq Neuropsiquiatr*, 77(2), 106-114.
- Zarai, Z., Boujelbene, E., Ben Salem, N., Gargouri, Y., & Sayari, A. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extracts, piperine and piperic acid from Piper nigrum. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 634-641.
- Zengin, H., & Baysal, A.H. (2014). Antibacterial and Antioxidant Activity of Essential Oil Terpenes against Pathogenic and Spoilage-Forming Bacteria and Cell Structure-Activity Relationships Evaluated by SEM Microscopy. *Molecules*, 19, 17773-17798.
- Zielinska-Blajet, M., & Feder-Kubis, J. (2020). Monoterpenes and Their Derivatives—Recent Development in Biological and Medical Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7078):1-38.